

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-181146

(43) 公開日 平成7年(1995)7月21日

(51) Int.Cl.⁹

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 1 N 22/00

S

G 0 1 P 5/00

C

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平5-328488

(22) 出願日 平成5年(1993)12月24日

(71) 出願人 000001199

株式会社神戸製鋼所

兵庫県神戸市中央区脇浜町1丁目3番18号

(72) 発明者 寺井 克浩

兵庫県加古川市金沢町1番地 株式会社神

戸製鋼所加古川製鉄所内

(72) 発明者 東 洵

兵庫県加古川市金沢町1番地 株式会社神

戸製鋼所加古川製鉄所内

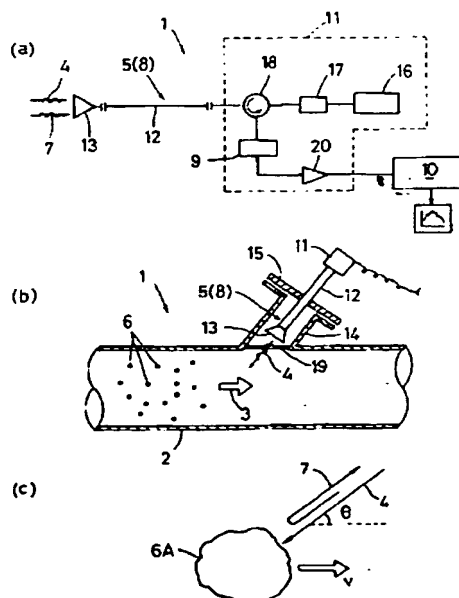
(74) 代理人 弁理士 安田 敏雄

(54) 【発明の名称】 集塵機の異常検出方法とその異常検出装置

(57) 【要約】

【目的】 窓部の汚れに影響されることなく、高濃度領域でも安定して集塵機の異常を検出できるようにする。

【構成】 集塵機の出側に接続された管路2を流れる含塵ガス3に、この含塵ガス3の流れ方向に対して直角にならない角度で30GHz以上のミリ波帯域の電磁波4を照射し、この電磁波4が前記含塵ガス3に含まれるダスト6によって散乱された散乱波7を検出するとともに、前記電磁波4と前記散乱波7とのドップラーシフト量を取り出して同シフト量の周波数スペクトルを求め、この周波数スペクトルに基づいて前記集塵機の異常を検出する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 集塵機の出側に接続された管路(2)を流れる含塵ガス(3)に、この含塵ガス(3)の流れ方向に対して直角にならない角度で30GHz以上のミリ波帯域の電磁波(4)を照射し、この電磁波(4)が前記含塵ガス(3)に含まれるダスト(6)によって散乱された散乱波(7)を検出するとともに、前記電磁波(4)と前記散乱波(7)とのドップラーシフト量を取り出して同シフト量の周波数スペクトルを求め、この周波数スペクトルに基づいて前記集塵機の異常を検出することを特徴とする集塵機の異常検出方法。

【請求項2】 ドップラーシフト量から求めた周波数スペクトルの面積に対応する管路(2)内のダスト濃度を求め、このダスト濃度の値に基づいて集塵機の異常を検出することを特徴とする請求項1に記載の集塵機の異常検出方法。

【請求項3】 ドップラーシフト量から求めた周波数スペクトルのピーク値を与える周波数に対応して管路(2)内のダスト粒子(6A)の平均流速を求め、このダスト粒子(6A)の平均流速の値に基づいて集塵機の異常を検出することを特徴とする請求項1に記載の集塵機の異常検出方法。

【請求項4】 集塵機の出側に通じる管路(2)内の含塵ガスの流れ方向に対して直角にならない角度で30GHz以上のミリ波帯域の電磁波(4)を照射する照射手段(5)と、前記電磁波(4)が前記含塵ガス(3)に含まれるダスト(6)によって散乱された散乱波(7)を検出する検出手段(8)と、前記電磁波(4)と前記散乱波(7)とのドップラーシフト量を取り出すミキサ(9)と、前記ドップラーシフト量の周波数スペクトルを求めてこの周波数スペクトルの面積若しくは同スペクトルのピーク値を与える周波数又はこれらの双方の値を計算する計測手段(10)と、を備えていることを特徴とする集塵機の異常検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、集塵機の異常検出方法とその異常検出装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 例えば、製鉄所においては転炉等の発塵する場所が多く、作業環境を維持するために各所に集塵機が設けられていて、最近では集塵性能の観点からバグフィルタが使用されることが多い。図11はかかるバグフィルタ35の一例を示すもので、配管36より入った含塵ガス37は風量調節用のダンパー38を通じて集塵槽39に入る。この集塵槽39内には筒状の濾布よりなるバグ40が懸架装置41を介して多数配列されていて、含塵ガス37はこの各バグ40を通過して濾過され、その濾過されたガスのみが出口42へ排出される。

【0003】 各バグ40の内面に溜まったダスト43

は、上記懸架装置41に振動を与えることにより、あるいは出口42側から洗浄風を逆に圧送する(逆洗)ことにより、下方に叩き落とされる。図12は集塵設備の全体構成図で、図11に示すバグフィルタ35が通常4個から8個並設されており、含塵ガス37は送風機44により各バグフィルタ35に送り込まれ、その中の各バグ・・・は定期的に入側ダンパー45と出側ダンパー46によって集塵と逆洗を切り換えている。集塵済みのガスは管路47を通して煙突48に送られるが、バグフィルタ・・・の種類によってはその途中で誘引ブロワー49が設けられる。

【0004】 上記バグフィルタ35では、集塵槽39内の各バグ40が振動によって破れることがある。一旦これが破れると含塵ガス37がそこから多量に漏れだし、煙突48から大量の塵埃が大気中に放出され、環境保全上重大な問題が生じる。そこで、従来、製鉄所内では以下のような対策を講じている。

(1) バグ40の前後(例えば、図11の配管36と出口42)に差圧計を設け、この差圧計の圧力値の異常変動をキャッチして集塵機の異常(バグ40の破れ)を検出する。

(2) 図12のB又はCに示す管路内に光学式ダスト濃度計を設置し、この濃度計の値に基づいて集塵機の異常を検出する。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、上記(1)の検出方法では、バグ40の破れた瞬間だけしか差圧が発生せず、その一瞬を確実に検出することが難しいのでバグ40の破れを見逃すおそれが高い。また、この検出方法はバグ40の破れが小さくて差圧が生じない場合には役に立たない。

【0006】 一方、上記(2)の方法ではそのような不都合は生じないが、従来の光学式ダスト濃度計では、投光器から入射した光の透過又は散乱光の強度を直接解析してダスト濃度を求めているので、静止したダストにも反応してしまう。従って、管路に設けた窓部にダストが付着して汚れると間違えて異常を検知することがあるため、その保全に手間がかかり、長期間安心して使用することができない。

【0007】 また、光学式ダスト濃度計の場合、透過又は散乱光の強度からダスト濃度を求めるため、低濃度域における濃度測定には適するが、ダスト濃度が高いとすぐに飽和してしまい、検出できる濃度レンジが小さく高濃度域では信頼性が落ちる。これより、従来の光学式ダスト濃度計は異常発生の後でもすぐに濃度が上がらない図12の位置BやCに設置され、異常発生後に濃度が急激に上がる位置A(バグフィルタ35の直後の管路)には設置できなかったため、どのバグフィルタ35に異常があるかを検出することができなかった。

【0008】 本発明は、このような実情に鑑み、窓部の

汚れに影響されることなく、高濃度領域でも安定して集塵機の異常を検出できる集塵機の異常検出方法とその異常検出装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成すべく、本発明は次の技術的手段を講じた。即ち、請求項1に記載の発明は、集塵機の出側に接続された管路を流れる含塵ガスに、この含塵ガスの流れ方向に対して直角にならない角度で30GHz以上のミリ波帯域の電磁波を照射し、この電磁波が前記含塵ガスに含まれるダストによって散乱された散乱波を検出するとともに、前記電磁波と前記散乱波とのドップラーシフト量を取り出して同シフト量の周波数スペクトルを求め、この周波数スペクトルに基づいて前記集塵機の異常を検出することを特徴とする。

【0010】また、請求項2に記載の発明は、ドップラーシフト量から求めた周波数スペクトルの面積に対応する管路内のダスト濃度を求め、このダスト濃度の値に基づいて集塵機の異常を検出することを特徴とする。更に、請求項3に記載の発明は、ドップラーシフト量から求めた周波数スペクトルのピーク値を与える周波数に対応して管路内のダスト粒子の平均流速を求め、このダスト粒子の平均流速の値に基づいて集塵機の異常を検出することを特徴とする。

【0011】請求項4に記載の発明である集塵機の異常検出装置は、集塵機の出側に通じる管路内の含塵ガスの流れ方向に対して直角にならない角度で30GHz以上のミリ波帯域の電磁波を照射する照射手段と、前記電磁波が前記含塵ガスに含まれるダストによって散乱された散乱波を検出する検出手段と、前記電磁波と前記散乱波とのドップラーシフト量を取り出すミキサと、前記ドップラーシフト量の周波数スペクトルを求めてこの周波数スペクトルの面積若しくは同スペクトルのピーク値を与える周波数又はこれらの双方の値を計算する計測手段と、を備えていることを特徴とする。

【0012】

【作用】含塵ガスに含まれるダストは直径約0.1μm～数μmオーダーのものが中心であるが、これに対して光学式ダスト濃度計は0.5μm～1μm程度の波長の光波を使用していて、主としてこの光波のミー散乱を利用して、これより、従来の光学式ダスト濃度計の考え方では、波長の長い波動を用いるとダスト群を通過してしまい、散乱は殆ど生じない。

【0013】しかし、バグフィルタ通過後のガスでも20～30mg/m³程度の含塵量であり、ミー散乱は十分な大きさで生じている。一方、バグが破れた場合の500mg/m³程度の含塵ガスに対しては、後方散乱・透過ともに飽和してしまうし、窓部の汚れが生じやすくなるため、従来の光学式濃度計では安定的な検出は難しい。

【0014】そこで、本発明は、ダストの付着による多少の窓部の汚れを通過し、かつ流れているダストに対してのみ反応するものとして、波長10mm以下のミリメートル波によるドップラーレーダーを採用している。すなわち、ミリ波領域ではやはりその波長よりも数倍も下の粒子群による散乱は小さく、単なる散乱又は透過を利用するだけの従来のダスト濃度検知は困難であるが、図1(c)に示すように、動いているダスト粒子6Aにある照射角度θをもって30GHz以上のミリメートル波帯域の電磁波4を照射すると、きわめて僅かではあるが後方散乱波が生じる。

【0015】ここで、この後方散乱波は粒子6Aの速度vによりドップラーシフトを受けているため、下式で示すようなもとの照射した電磁波との混合（ヘテロダイン）によるドップラー信号f_dが得られる。

$$f_d = 2v \cdot \cos \theta / \lambda \quad (\lambda: \text{発振波長})$$

このドップラー信号f_dは数kHz以下となり、最初の発振周波数に比べて非常に小さい周波数であってこのドップラー信号f_dの部分のみ選択増幅できるので、結果として大きな信号を得ることができる。例えば、λ=5mm、発振周波数60GHz、θ=45°、v=20m/secとした場合、f_d=5.6kHzとなる。

【0016】このドップラー信号f_dの周波数スペクトルを模式的に描いたものが図2であり、この図の縦軸はドップラー周波数f_dの各成分（反射強度）、横軸はドップラー周波数f_dである。図2において、ドップラー周波数f_dの最大値f_{dmax}はガス流速に近く、周波数スペクトルのピーク値を与えるドップラー周波数f_dは粒子群（ダスト）の平均流速に近くなっている。その理由は、平均流速の粒子群の数が最も多く、その粒子群による散乱が最も大きく生じていると考えられるからである。

【0017】また、ダスト濃度を大きくすると、図2の仮想線のように全体に周波数スペクトルのレベルが上昇し、これより、この周波数スペクトルの面積から測定対象である含塵ガスのダスト濃度が推定できることになる。すなわち、含塵ガスのダストの速度分布とその存在確率（濃度）との関係を模式的に図3(a)のように表すと、その時に得られるドップラー信号f_dの周波数スペクトルは図3(b)のようになり、両者はほぼ相似関係にある。これは、ミリ波がそれぞれの粒子によってドップラーシフトを受けて後方散乱するが、ある速度の粒子密度が高いほど多くの後方散乱を受けてその部分に相当するドップラー信号f_dの周波数成分（反射強度）が大きくなるからである。

【0018】従って、種々のダスト濃度の含塵ガス流を人工的に作り出し、この各含塵ガス流にある周波数のミリ波を斜めから照射してそのときのドップラー信号f_dの周波数スペクトルをそれぞれ実験によって求めておき、ダスト濃度と周波数スペクトルの面積との間の対応

関係を把握しておけば、任意の含塵ガスへのミリ波の照射によって得られる周波数スペクトルの面積からその含塵ガスのダスト濃度を推定することができる。

【0019】このように、本発明方法の特徴は、含塵ガス流に対して斜めから照射したミリ波帯域の電磁波と、この電磁波のダスト粒子による散乱波とのドップラーシフト量の周波数スペクトルからダスト濃度やダスト粒子の平均流速を推定するようにしているので、動いている粒子群を結果としてより大きく検出しかつ静止している粒子は検出されず、その結果、従来の光学式ダスト濃度計に相当するホーンアンテナの前面に多少のダストが付着していても、その影響を殆ど受けないで集塵機の異常を検出できる点にある。

【0020】一方、本発明方法では、実際には僅かしか生じないミリ波の散乱波に基づいてダスト濃度を推定するため、低濃度領域での感度はさほど高いものを期待できないが、後述の実験例に示すように、高濃度領域では 15 g/m^3 といった超高濃度まで確実に測定できるという利点がある。

【0021】

【実施例】以下、図面に基いて本発明の実施例を説明する。図1(a)(b)は、本発明方法を実施するための異常検出装置1を示している。この異常検出装置1は、集塵機の出側に通じる管路2内の含塵ガス3の流れ方向に対して直角にならない角度で 30 GHz 以上のミリ波帯域の電磁波4を照射する照射手段5と、その電磁波4が前記含塵ガス3に含まれるダスト6によって散乱された散乱波7を検出する検出手段8と、当該電磁波4と前記散乱波7とのドップラーシフト量を取り出すミキサー9と、このドップラーシフト量の周波数スペクトルを求めてこの周波数スペクトルの面積 S 若しくは同スペクトルのピーク値 f 。を与える周波数又はこれらの双方の値を計算する信号処理回路(計測手段)10と、を備えている。

【0022】照射手段5は、前記ミリ波帯域の電磁波4を発振する発振ユニット11と、その電磁波4を伝送する導波管12と、その電磁波4を管路2内に放射するホーンアンテナ13とからなり、当該アンテナ13は管路2の側壁に斜めに接続された枝管14内に設けられている。このアンテナ13を先端に有する導波管12は、枝管14を施蓋する蓋板15に挿通されていて、この導波管12の外端に発振ユニット11が設けられている。

【0023】発振ユニット11は、図1(a)に破線で示す回路構成を備えている。すなわち、交流電源だけで駆動するガン発振器16で発生した電磁波4は、アイソレータ17を介してサーキュレータ18に至り、このサーキュレータ18によって電磁波4の一部がミキサー9へ供給され、残りは導波管12を通過してアンテナ13より空間へ放射される。

【0024】なお、本実施例のガン発振器16は、発振

周波数 59.5 GHz ($\lambda \approx 5\text{ mm}$)でかつ発振出力 1 mW のものを採用している。また、枝管14の開口部は、ダスト6の侵入を防止するためのセラミックやプラスチックよりなる透明板15で閉塞しておくことが好ましい。更に、図1(b)において、導波管12を長くして発振器ユニット11を枝管14から遠ざけているのは、含塵ガス3が高温の場合にその熱が発振器ユニット11に直接伝わらないようにするためである。

【0025】検出手段8は、上記ホーンアンテナ13、導波管12及びサーキュレータ18から構成されていて、アンテナ13によって含塵ガス3に対して斜めに照射された電磁波4はダスト粒子6Aによって後方散乱され、その散乱波7は再度アンテナ13及び導波管12を通過してサーキュレータ18に戻る。また、サーキュレータ18にはミキサー(混合器)9が接続され、このミキサー9は最初に照射したのと同じ発振周波数 f の電磁波4と周波数 $f+f$ 。の散乱波4とを混合し、その差の周波数 f 。をドップラーシフト量として取り出すものである。

【0026】前述のようにこのドップラー信号 f 。はたかだか数 kHz であり、通常の簡単な増幅器20で増幅できたため、上記ミキサー9には周知の増幅器20が接続され、更にこの増幅器20には前記した信号処理回路10が接続されている。従って、ミキサー9で取り出されたドップラー信号 f 。は増幅器20で増幅されて信号処理回路10に入力される。

【0027】この信号処理回路10では、そのドップラーシフト量の周波数スペクトルを求め、この周波数スペクトルの面積及び同スペクトルのピーク値を与える周波数が計算される。すなわち、図2に示すピーク周波数 f 。の位置を求めてダスト粒子A群のメジアン値(これは、実際には粒子群の平均流速に近い。)とするとともに、その周波数スペクトルの面積からダスト濃度を特定する。

【0028】なお、このダスト濃度の特定に当たっては、前述したように予め実験によってダスト濃度と周波数スペクトルの面積との間の対応関係を把握しておく必要がある。上記信号処理にはコンピューターを用いるのが良いが、図4に示すように、周波数スペクトルを分割してバンドパスフィルタ21を通じて各周波数帯ごとの成分を積分器22により積分し、その総和を求めてスペクトル全体の面積を計算するといった簡単な積分回路を採用することもできる。

【0029】一方、図6に示すように、管路2の曲がり部23に枝管14を接続すれば、含塵ガス3の真正面から電磁波4を照射でき、図1(c)に示す照射角度 θ を 0° にできるので、より大きなドップラー信号 f 。を得ることができる。また、図5のように、枝管14の蓋板15にミリ波帯域の電磁波4を透過する有底筒状の非金属製のケース24を被せることによって、ホーンアンテナ

ナ13や導波管12へのダストの付着を防止することもできる。

【実験例】図7に示す試験機26を用いて本発明方法の妥当性を試す実験を行った。

【0030】この試験機26は、含塵ガス27を流すための第一管路28と、この上流側に接続された第二管路29とを有し、第二管路29の上流端にはブロー30が接続され、かつ第二管路29内には風速計31が設けられている。第一管路28の上流側には、ブロー30からの空気にダスト32を送り込む計量器付きのダストフィーダ33が設けられており、このダストフィーダ33により一定の風量下において一定のダスト量を供給することで、第一管路28内のダスト濃度を人為的に設定することができる。

【0031】第一管路28の上流側には、上記した本発明の異常検出装置1が設けられていて、この検出装置1によってある一定の値に設定されたそれぞれのダスト濃度下において本発明方法を実施した。その結果が、図8(a)(b)及び図9(c)(d)である。この各図より明らかなように、ダスト濃度を高めると、それに伴ってミリ波のアンテナ利得(反射強度)も上がっていくのがよくわかる。

【0032】この各図について、周波数スペクトルの面積とダスト濃度との関係をプロットしたものが図10であり、この図10から周波数スペクトルの面積に基づいてダスト濃度を推定することが可能となる。

【0033】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、含塵ガス流に対して斜めから照射したミリ波帯域の電磁波と、この電磁波のダスト粒子による散乱波とのドップラシフト量の周波数スペクトルからダスト濃度やダスト粒子の平均流速を求め、これらの値に基づいて集塵機の異常を検出するようにしているので、窓部の汚れに影響されることなく、高濃度領域でも安定して集塵機の異常を検出することができる。

【0034】また、高濃度領域でもダスト濃度を特定できるので、従来の光学式ダスト濃度計では設置できなかった

った各バグフィルタの出口にも当該検出装置を設置でき、どのバグフィルタに異常が生じたかを即座に把握することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)は異常検出装置の回路構成図、(b)は同装置の断面図、(c)は電磁波の散乱モデルを示す説明図である。

【図2】ドップラシフトの周波数スペクトルを示すグラフである。

【図3】(a)はダスト粒子の速度とその存在確率(濃度)との関係を示すグラフ、(b)はドップラシフトの周波数スペクトルを示すグラフである。

【図4】ドップラシフト量の積分回路の回路構成図である。

【図5】異常検出装置の変形例を示す断面図である。

【図6】異常検出装置の他の変形例を示す断面図である。

【図7】試験機の全体構成図である。

【図8】実験で得られたドップラ周波数の周波数スペクトルである。

【図9】実験で得られたドップラ周波数の周波数スペクトルである。

【図10】実験で得られたダスト濃度と周波数スペクトルの面積との関係を示すグラフである。

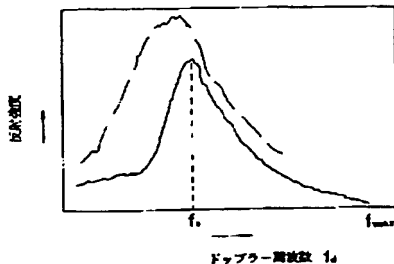
【図11】バグフィルタの断面図である。

【図12】集塵設備の全体構成図である。

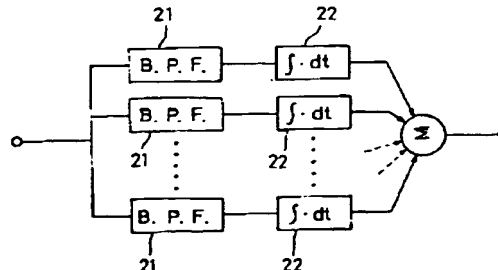
【符号の説明】

- 1 異常検出装置
- 2 管路
- 3 含塵ガス
- 4 電磁波
- 5 照射手段
- 6 ダスト
- 6A ダスト粒子
- 7 散乱波
- 9 ミキサー
- 10 計測手段(信号処理回路)

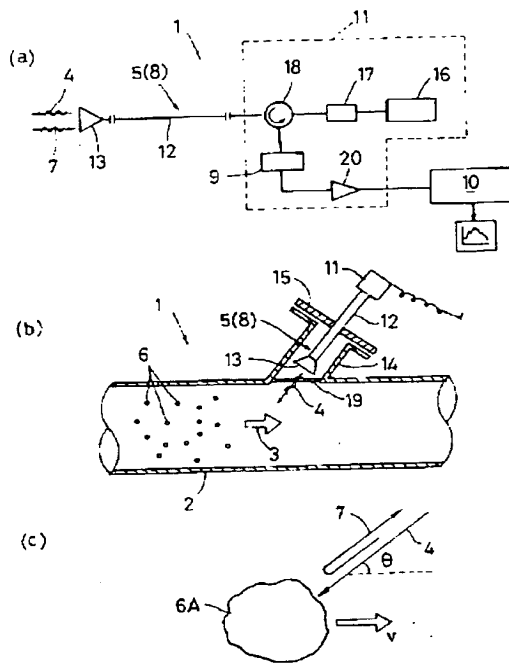
【図2】



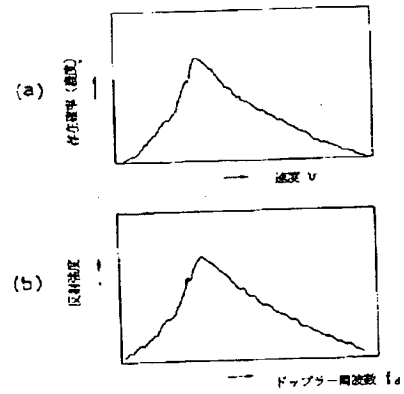
【図4】



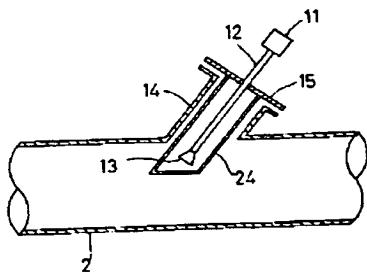
【図1】



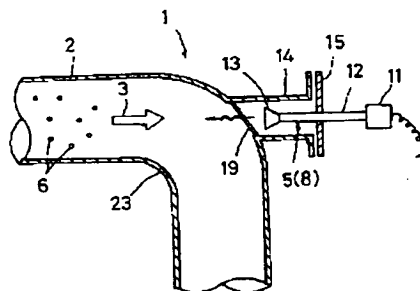
【図3】



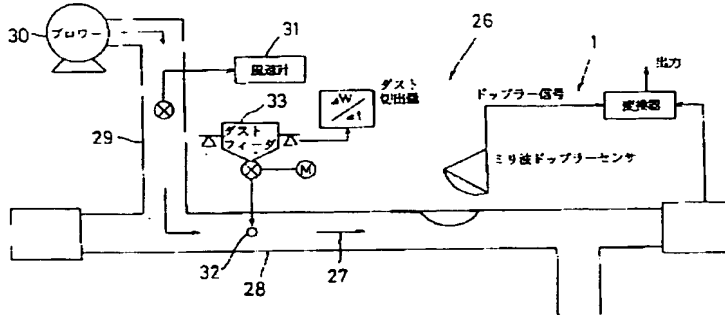
【図5】



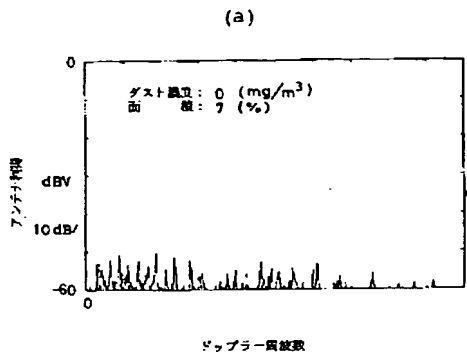
【図6】



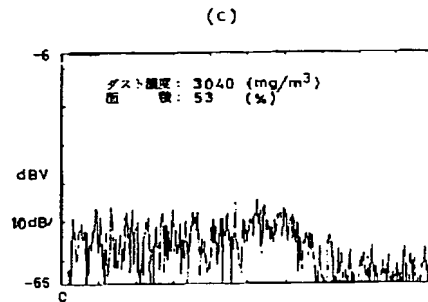
【図7】



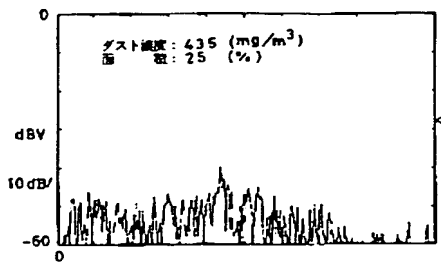
【図8】



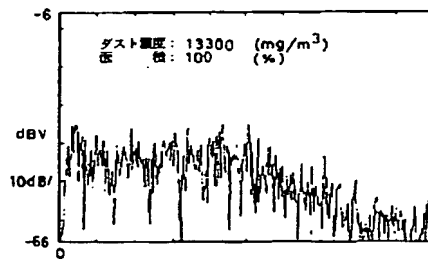
【図9】



(b)



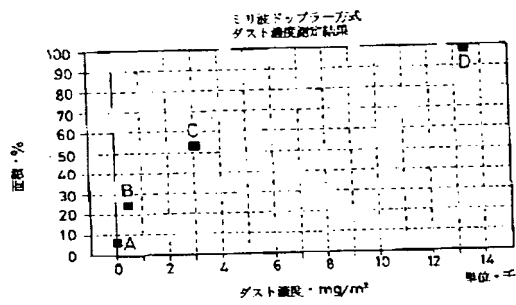
(d)



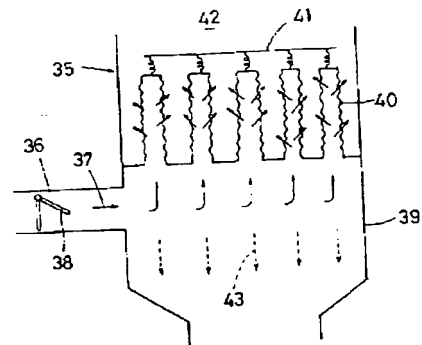
(8)

特開平7-181146

【図10】



【図11】



【図12】

